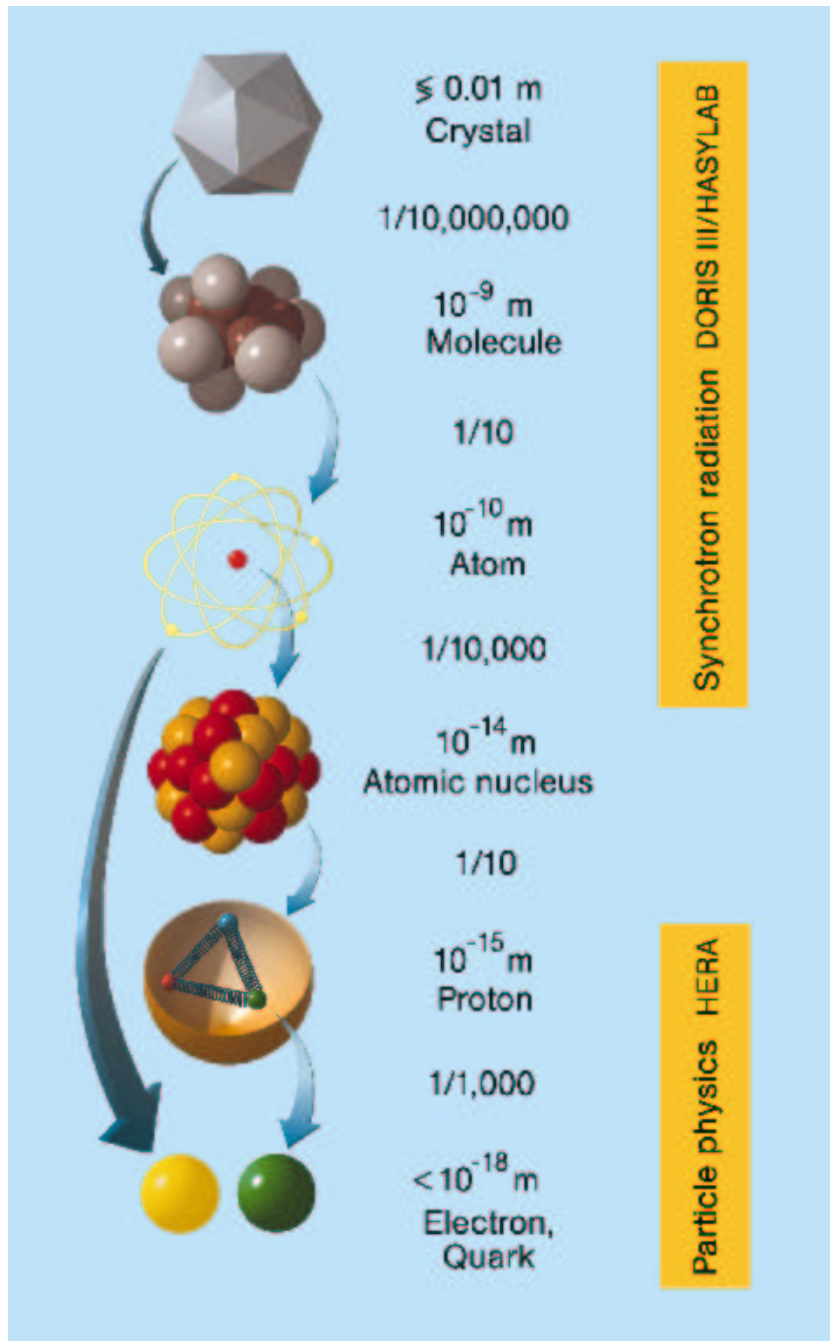


Experimentación en Física de Partículas

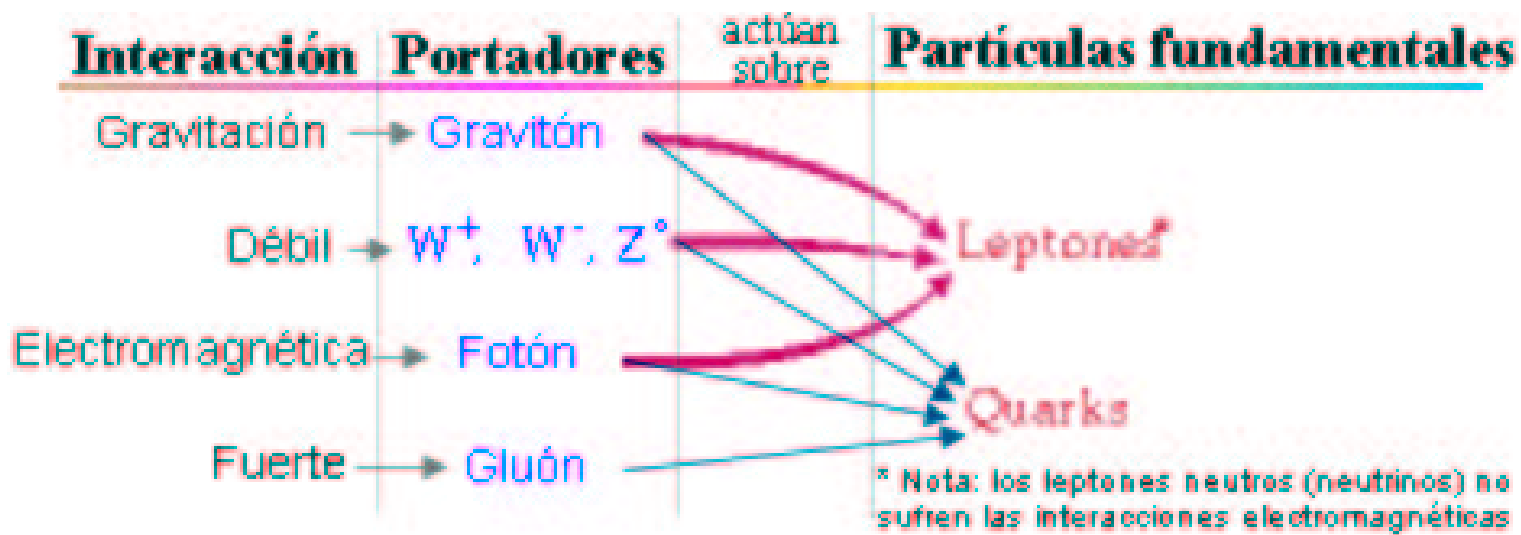
- Ideas generales
- Nuestros trabajos
 - Panorámica
 - Algunos resultados ilustrativos
 - Computación Distribuida: la Grid
 - Cómo construimos nuestro último experimento

Breve recordatorio al objetivo de nuestra investigación:

Las Partículas Elementales ...

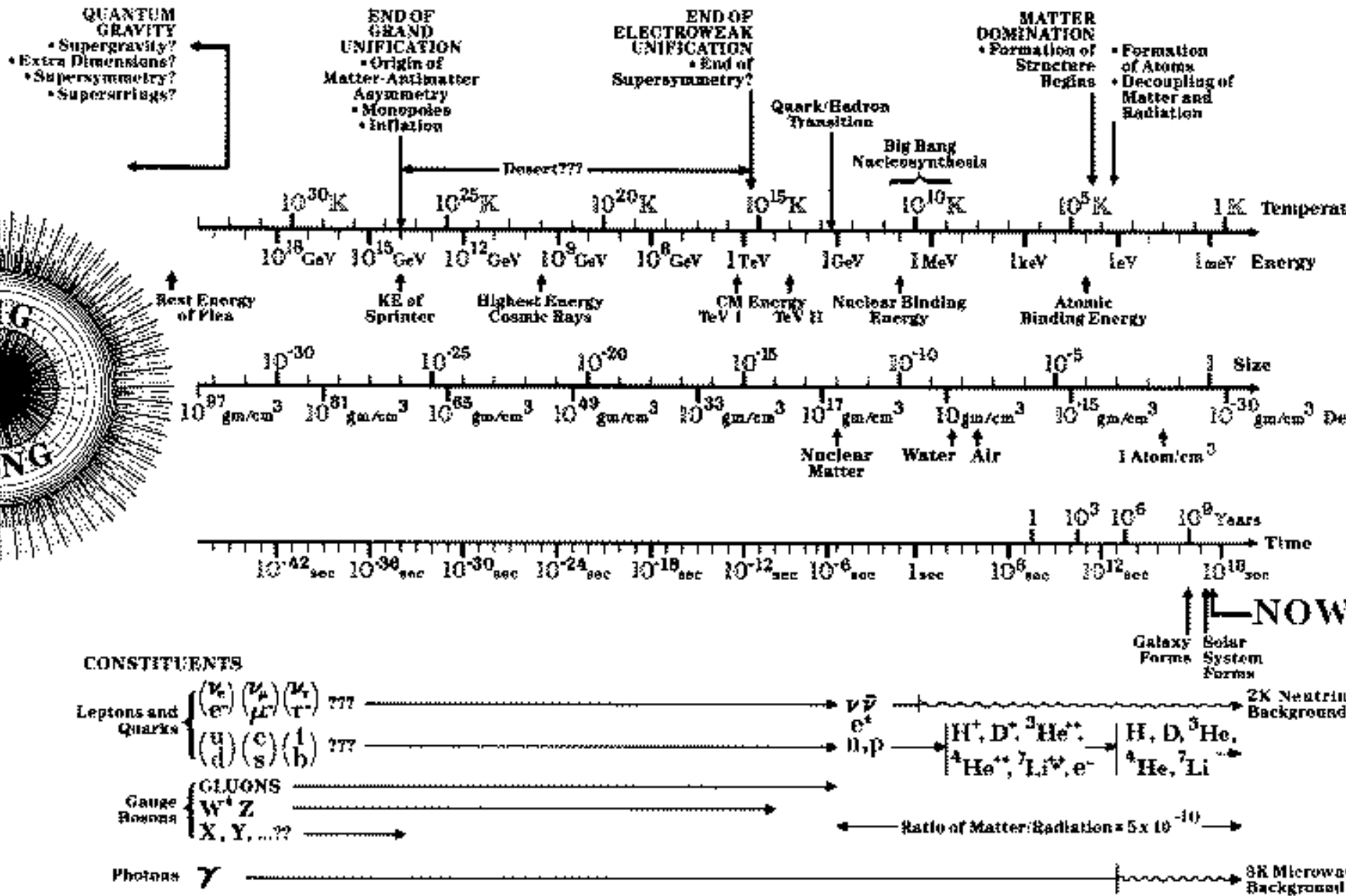
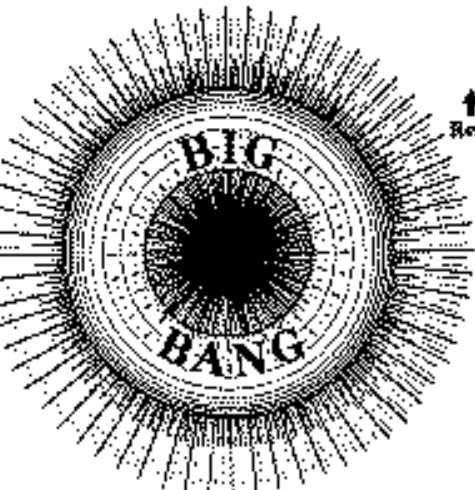


... y las Fuerzas Fundamentales



partículas que vemos

¿ Por que altas energías ?



Características Generales

Estudiamos las interacciones entre partículas a alta energía



¿ **Cómo se provocan** ? Aceleradores de partículas

¿ **Cómo se estudian** ? Detectores

● **Principalmente dos tipos de experimentos:**

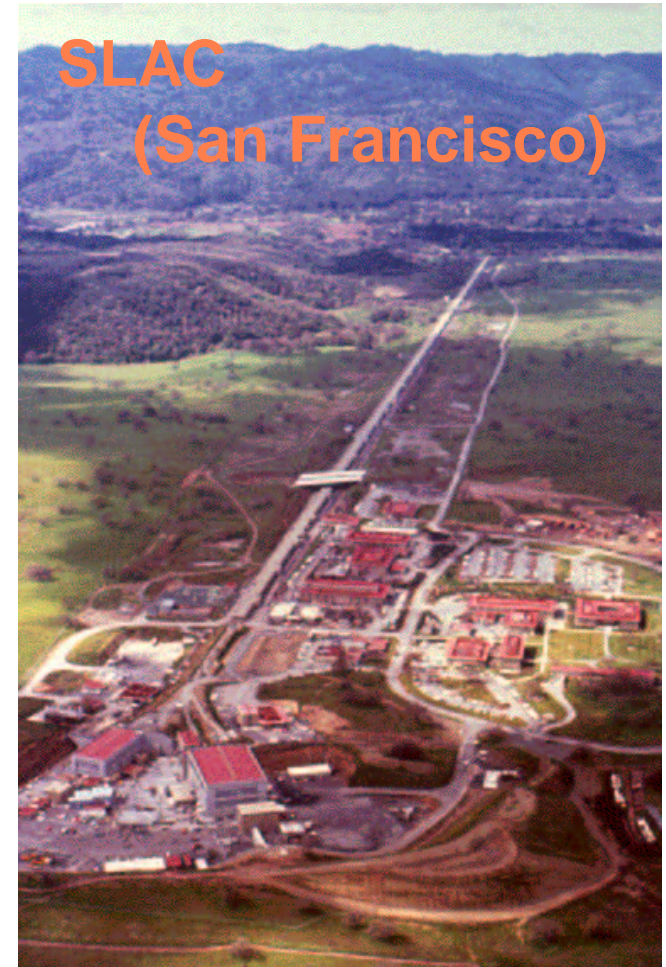
- **Blanco fijo:** una de las partículas iniciales está en reposo
- **Colisionadores:** las dos partículas iniciales están aceleradas

Los Aceleradores

- Respecto a geometría dos tipos:
 - Lineal: **E** más alta (para un mismo tipo partícula)
 - Circular: mayor luminosidad, pérdida **E** por radiación
- Partículas aceleradas: **electrones** y **protones** (y sus antipartículas)
 - Son las únicas estables y son fáciles de crear
 - Antipartículas en mismo acelerador (sentido opuesto)
- Ejemplos:
 - p contra \bar{p} (2000 GeV)



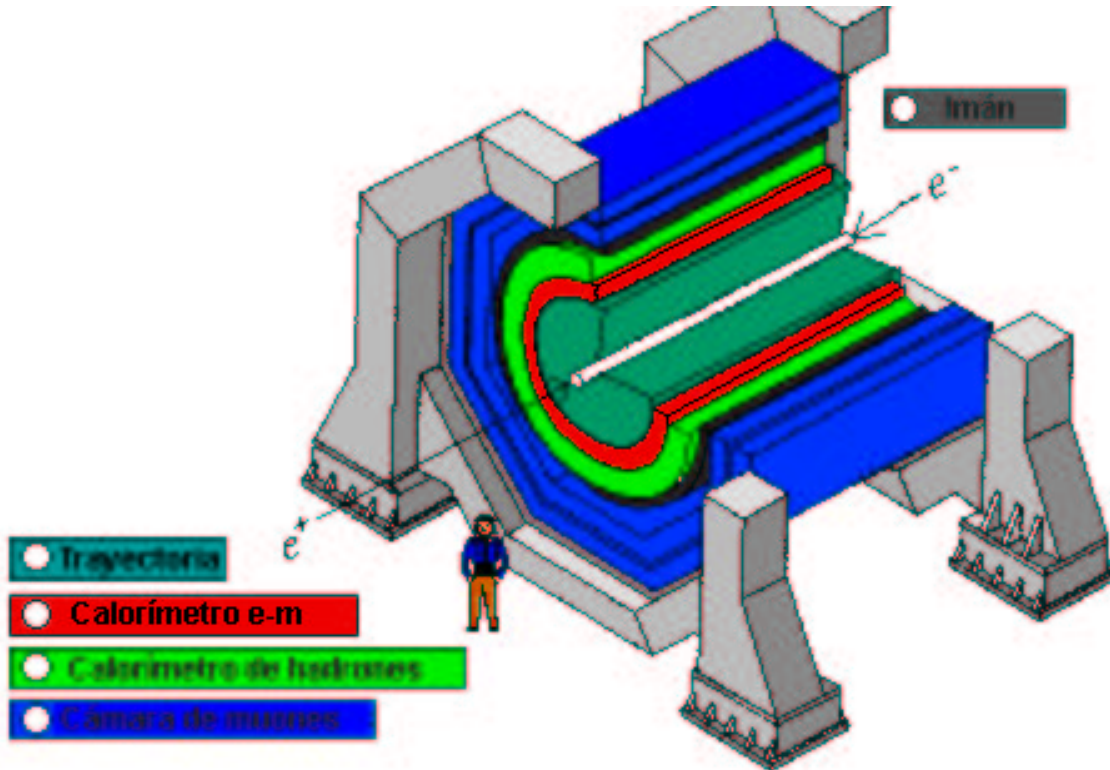
e^+e^-
(100 GeV)



Los Detectores

- Se basan en la interacción recurrente de las partículas/radiación con la materia del detector
- Esta consecución de interacciones produce una cadena de señales (normalmente de ionización) que mediante algún dispositivo se convierten en pulsos eléctricos que previa digitalización son grabados en un ordenador

... nos concentramos en colisionadores ...

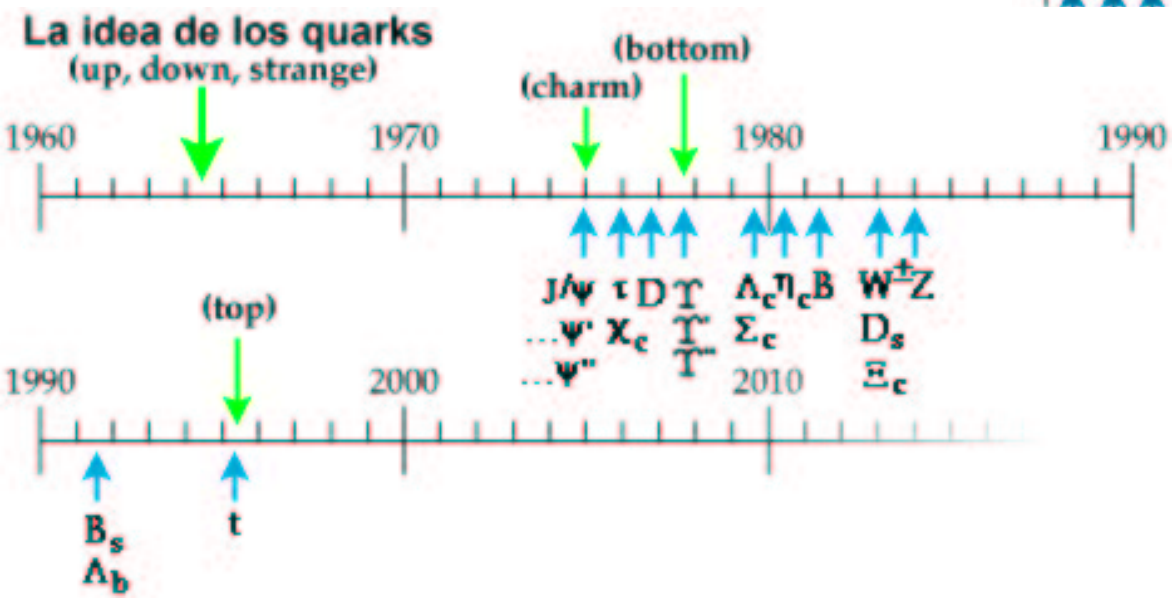
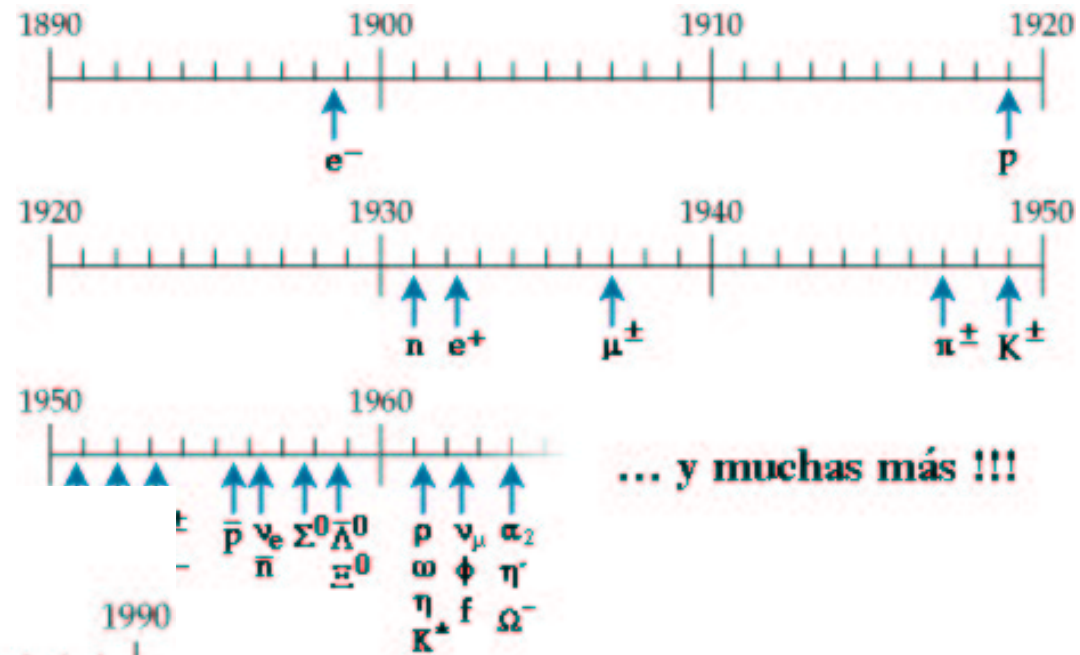


animación

Principales Laboratorios y sus Experimentos

- ★★ **CERN** (Ginebra, Europa)
- **DESY** (Hamburgo, Europa)
- **KEK** (Toshiba, Japón)
- ★ ★ ★ **SLAC** (San Francisco, EEUU)
- **FERMILAB** (Chicago, EEUU)
- ★ ★ ★ **BNL** (Nueva York, EEUU)

Descubrimientos Relevantes



Nuestros Principales Trabajos

- Experimento **TASSO** en acelerador **PETRA** e^+e^- (**DESY**)
 - Principalmente estudio de la Interacción Fuerte
- Experimento **ZEUS** en acelerador **HERA** ep (**DESY**)
 - Estudio de la Interacción Fuerte
 - Estudio de la Unificación Electro-Débil
- Experimento **ATLAS** en acelerador **LHC** pp (**CERN**)
 - Estudio de la Generación de Masas
 - Estudio del Modelo Estándar en general

Presentamos:

- Algunos ejemplos ilustrativos
- Computación distribuida mundialmente: el Proyecto Grid
- El calorímetro electromagnético de ATLAS

TASSO en PETRA (e^+e^- a $\sqrt{s} = 14 - 45$ GeV)

- Materialización de los quarks en chorros de hadrones

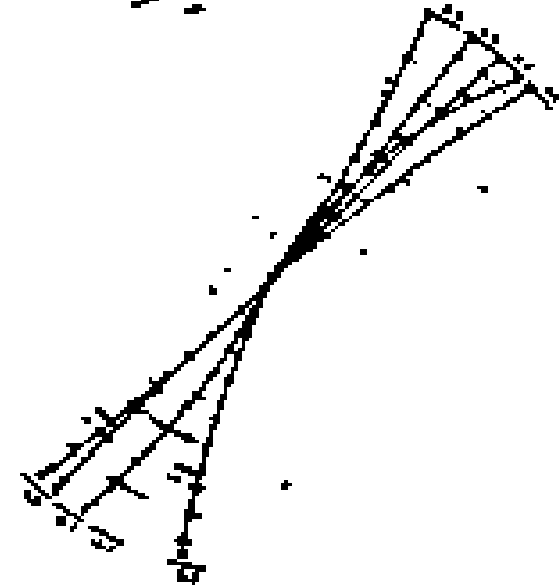
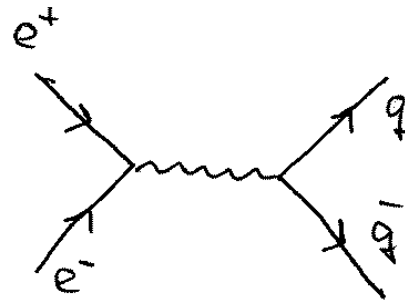
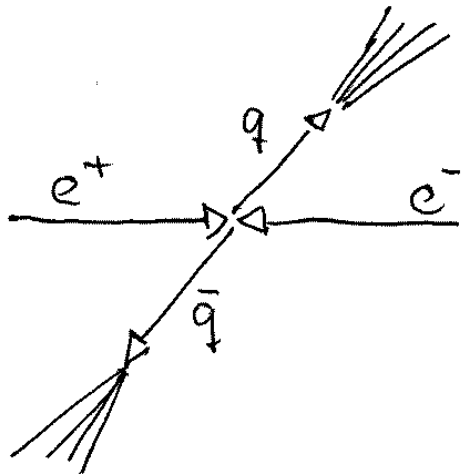


Figure 1.2a: A two jet event observed in the TASSO data

- Observación directa del portador de la interacción fuerte

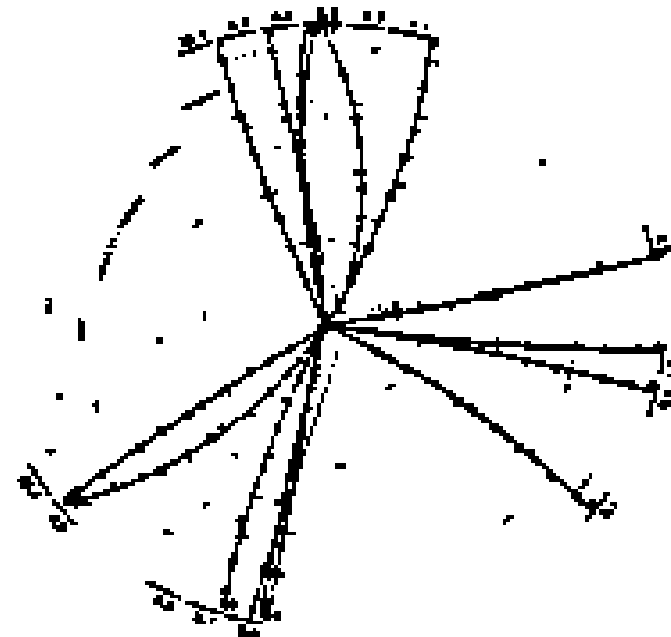
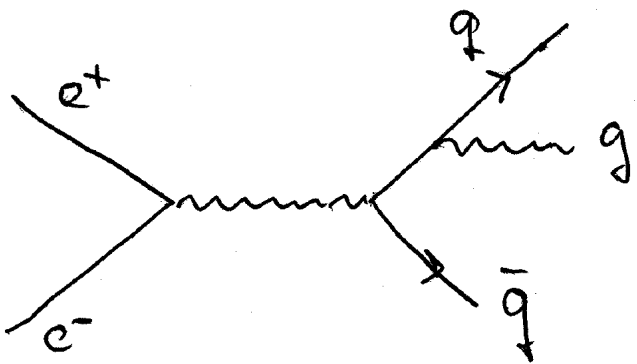
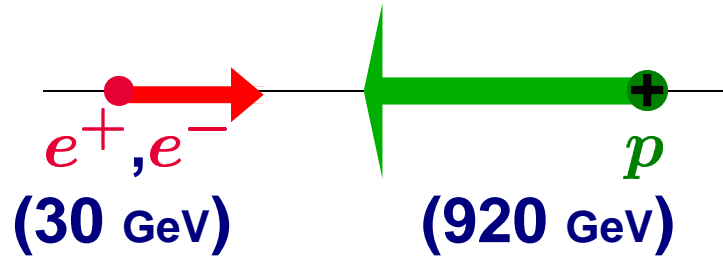


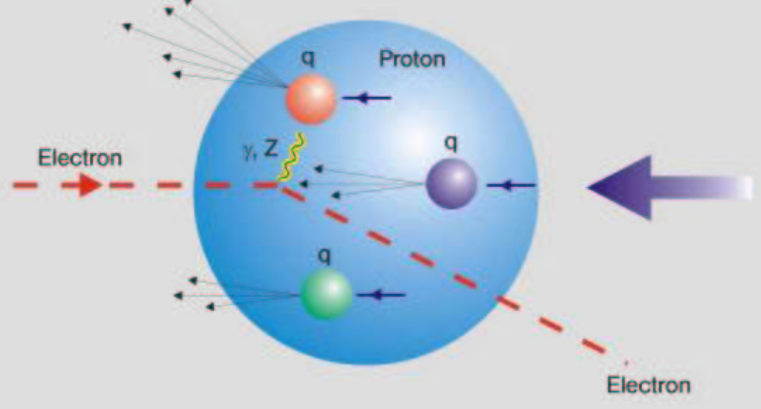
Figure 1.2b: A three jet event observed in the TASSO data

HERA

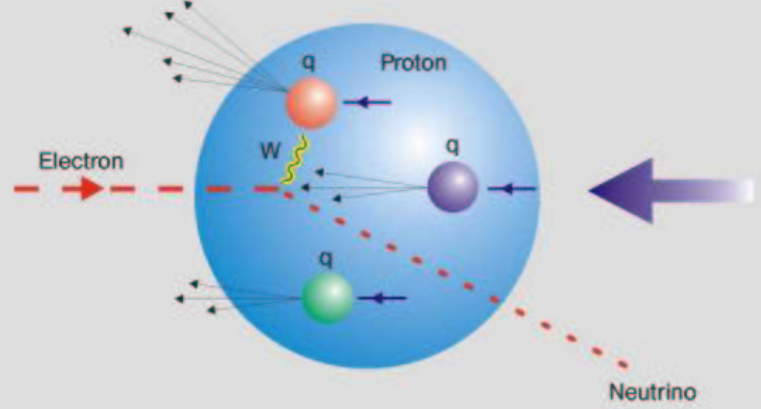


Características Generales

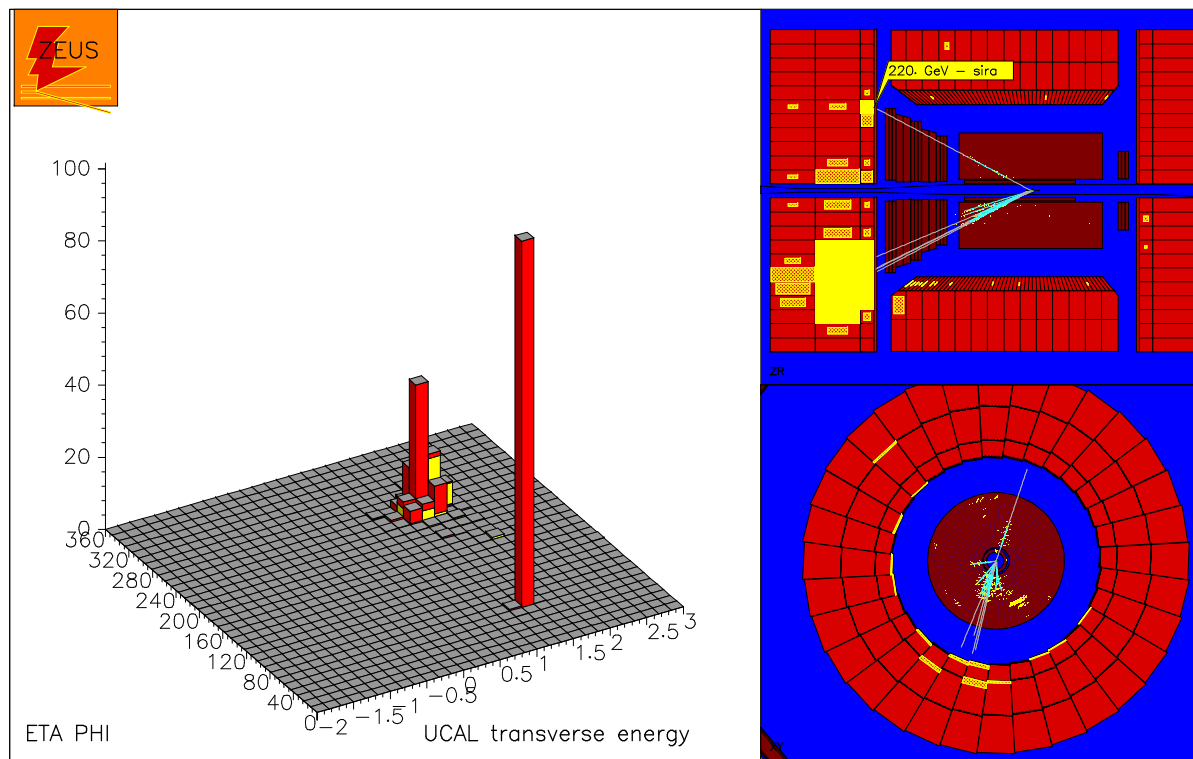
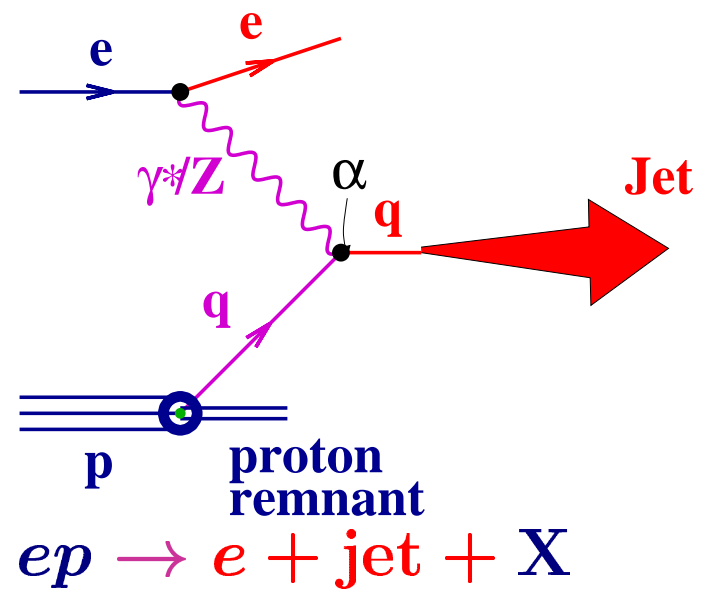
Corriente Neutra (CN)



Corriente Cargada (CC)

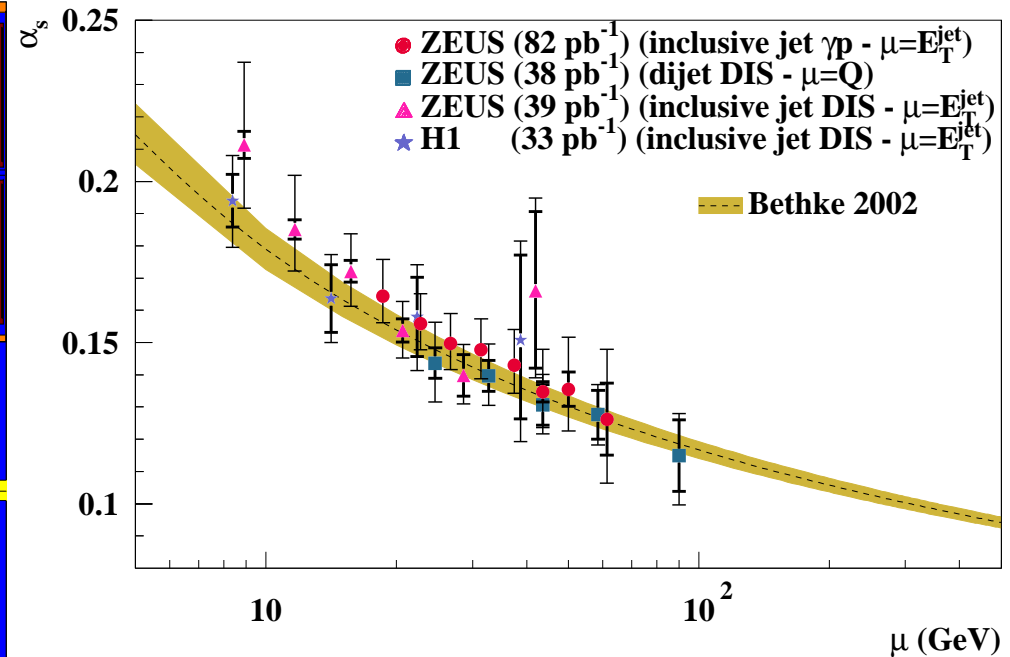
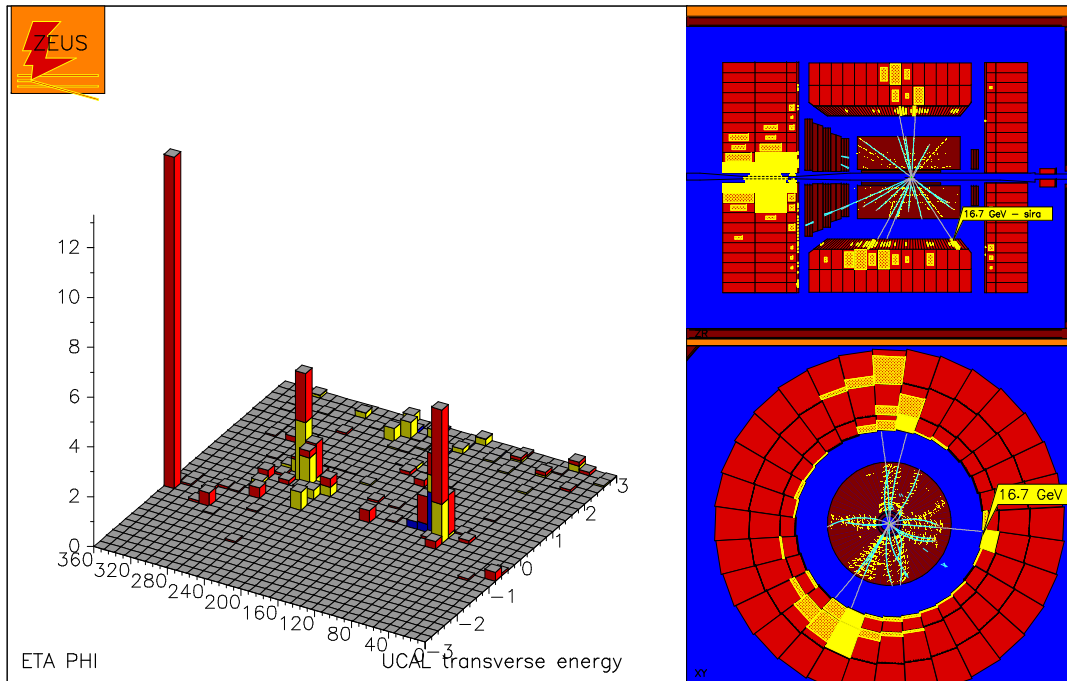
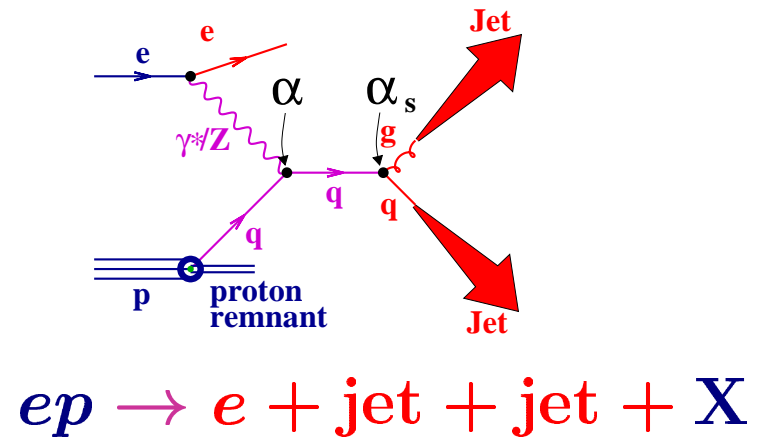
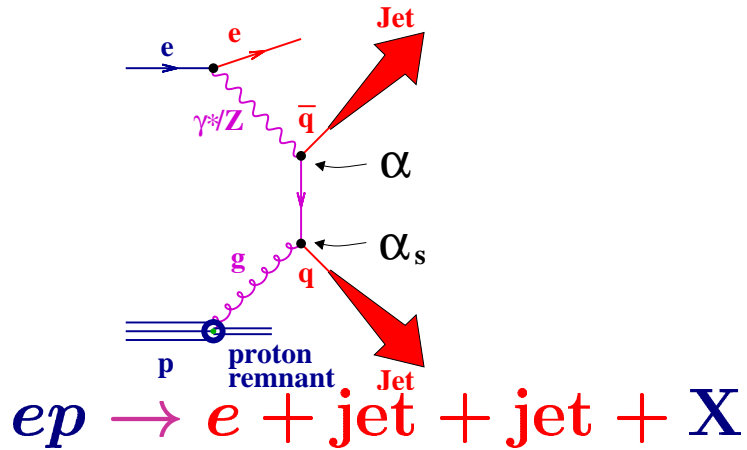


● **CN:** orden 0 en QCD ($\mathcal{O}(\alpha^1 \alpha_s^0)$):



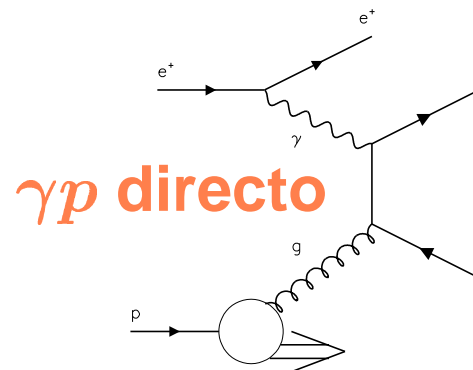
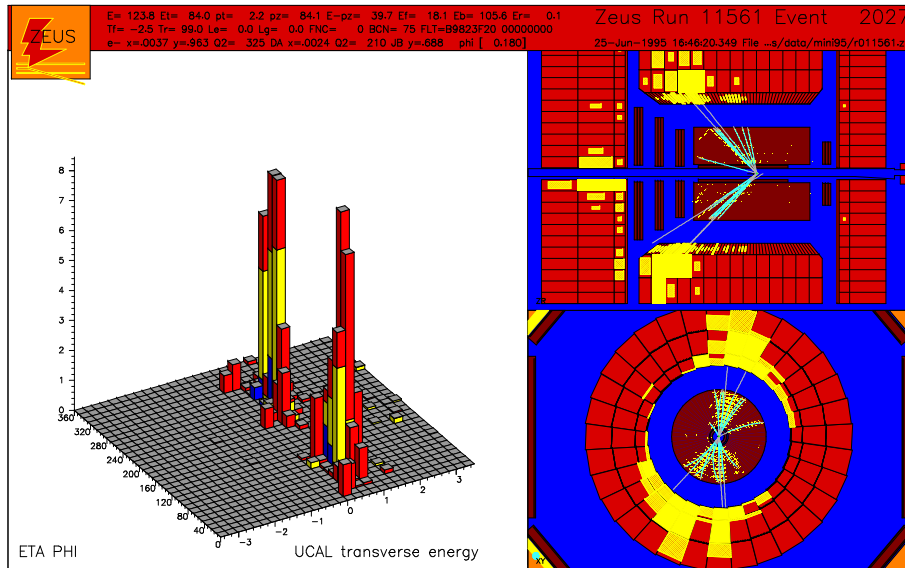
Medida de la magnitud de la interacción fuerte y su variación con la Energía

● CN: First order in QCD ($\mathcal{O}(\alpha^1\alpha_s^1)$)

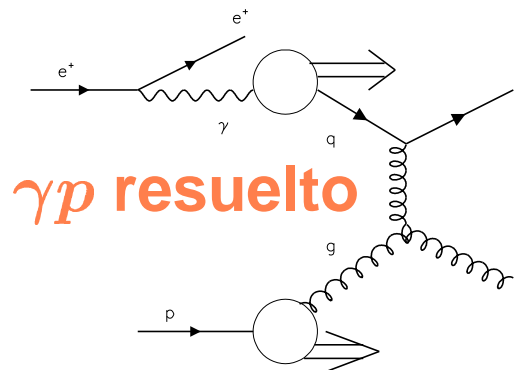


Determinación del *Spin* de quarks y gluones

γp directo



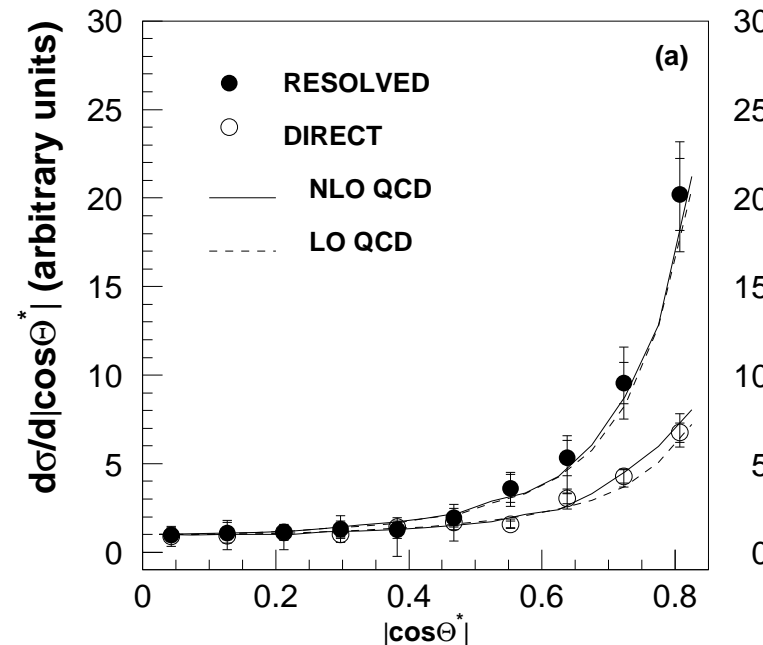
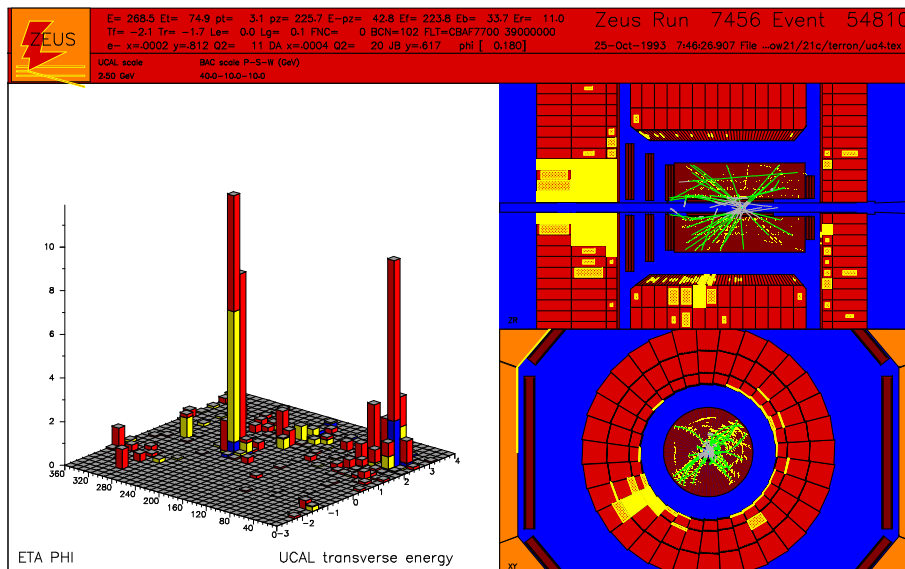
intercambio de quark (spin $\frac{1}{2}$)
 $\propto (1 - |\cos\theta^*|)^{-1}$



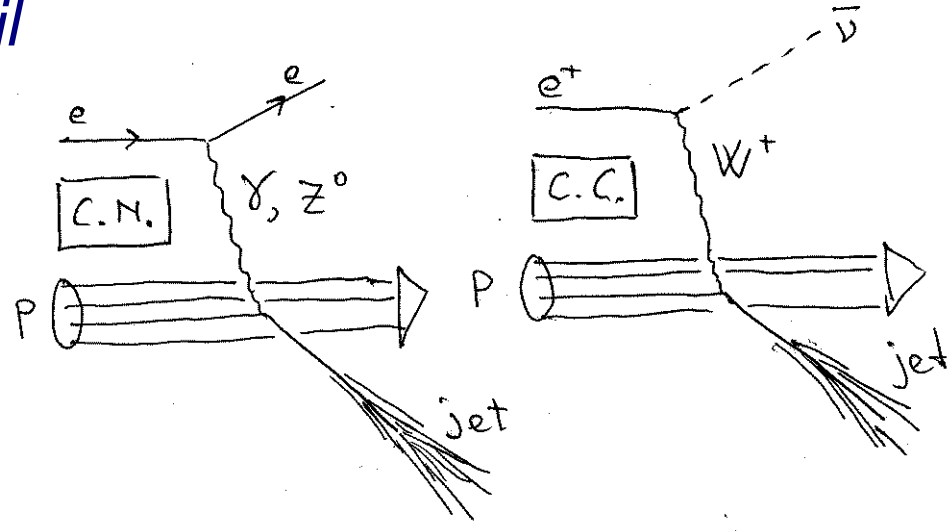
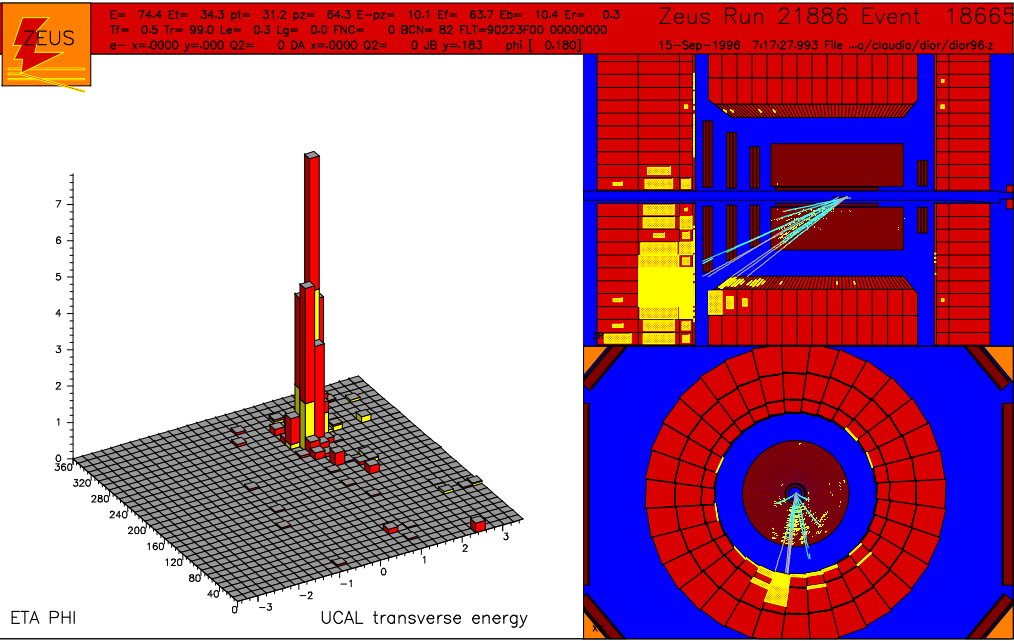
intercambio de gluon (spin 1)
 $\propto (1 - |\cos\theta^*|)^2$

ZEUS

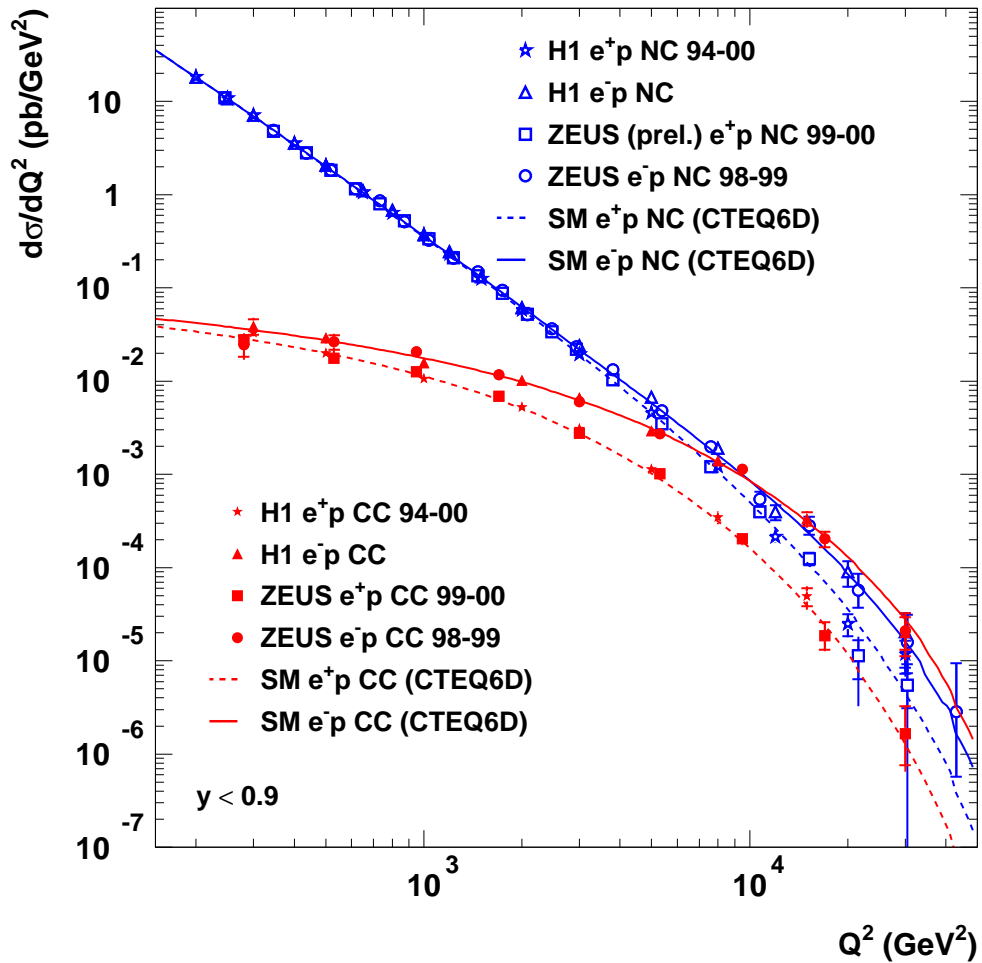
γp "resuelto"



Estudio de la Unificación Electro-Débil



HERA

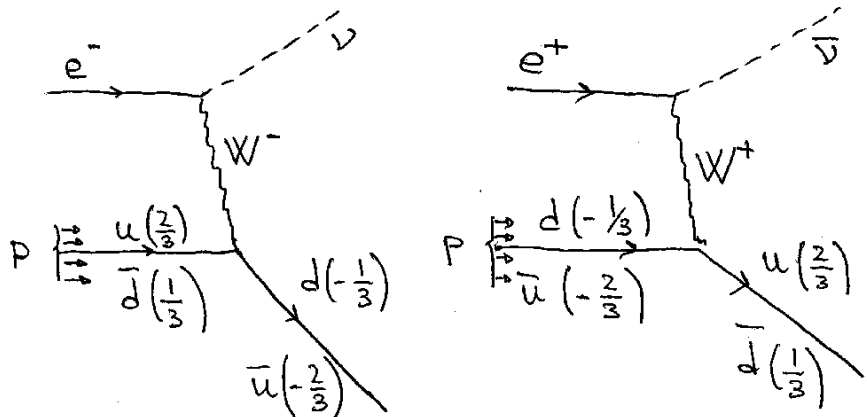


● Por un lado:

$$\frac{d\sigma}{dQ^2} \propto \frac{1}{(Q^2 + M_X)^2}$$

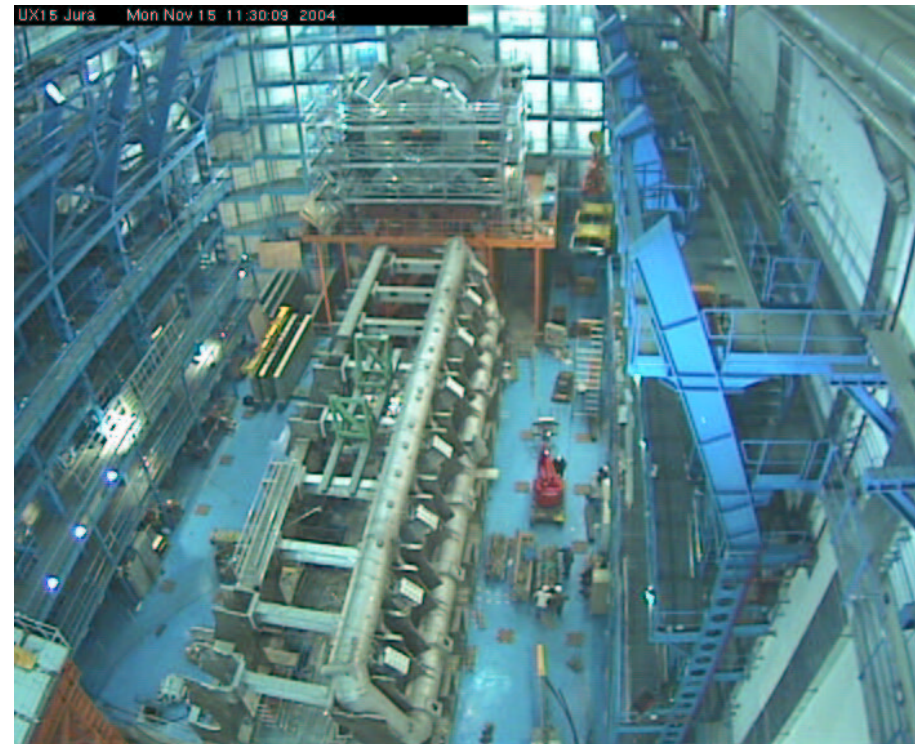
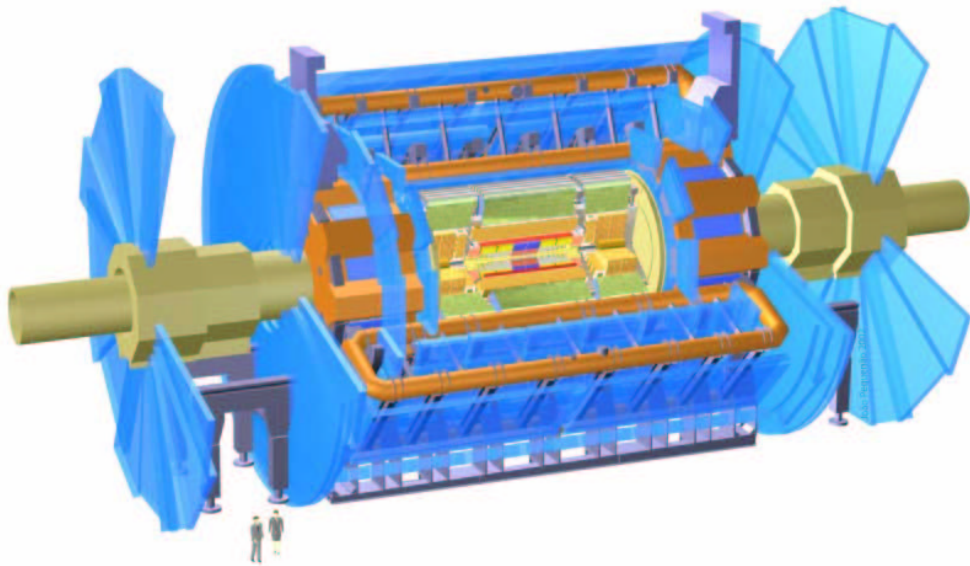
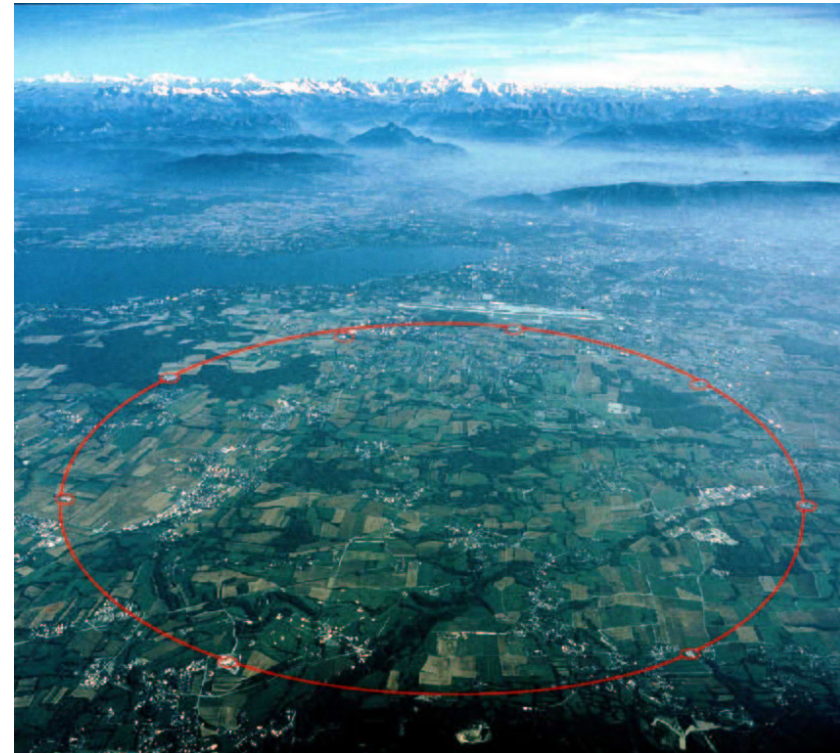
$$M_\gamma = 0, M_Z \approx M_W \approx 90 \text{ GeV}$$

● Además



ATLAS en el LHC (CERN)

- el acelerador LHC:
 - p contra p a 14000 GeV
 - Perímetro de 27 Km
- el detector ATLAS:
 - ~ 1700 físicos, ~ 150 universidades, ~ 35 paises
 - 22 x 22 x 44 m³



La Potencia de Computación necesaria en **ATLAS** es Enorme

140 sucesos/sg
(280 Mbytes/sg)

Data Handling and Computation for Physics Analysis

24000 discos de 100 GBytes por año
reconstruction

Simulación Monte Carlo:
cantidades similares

detector

event filter
(selection & reconstruction)

raw data

event reprocessing

event summary data

processed data

batch physics analysis

analysis

analysis objects
(extracted by physics topic)

event simulation

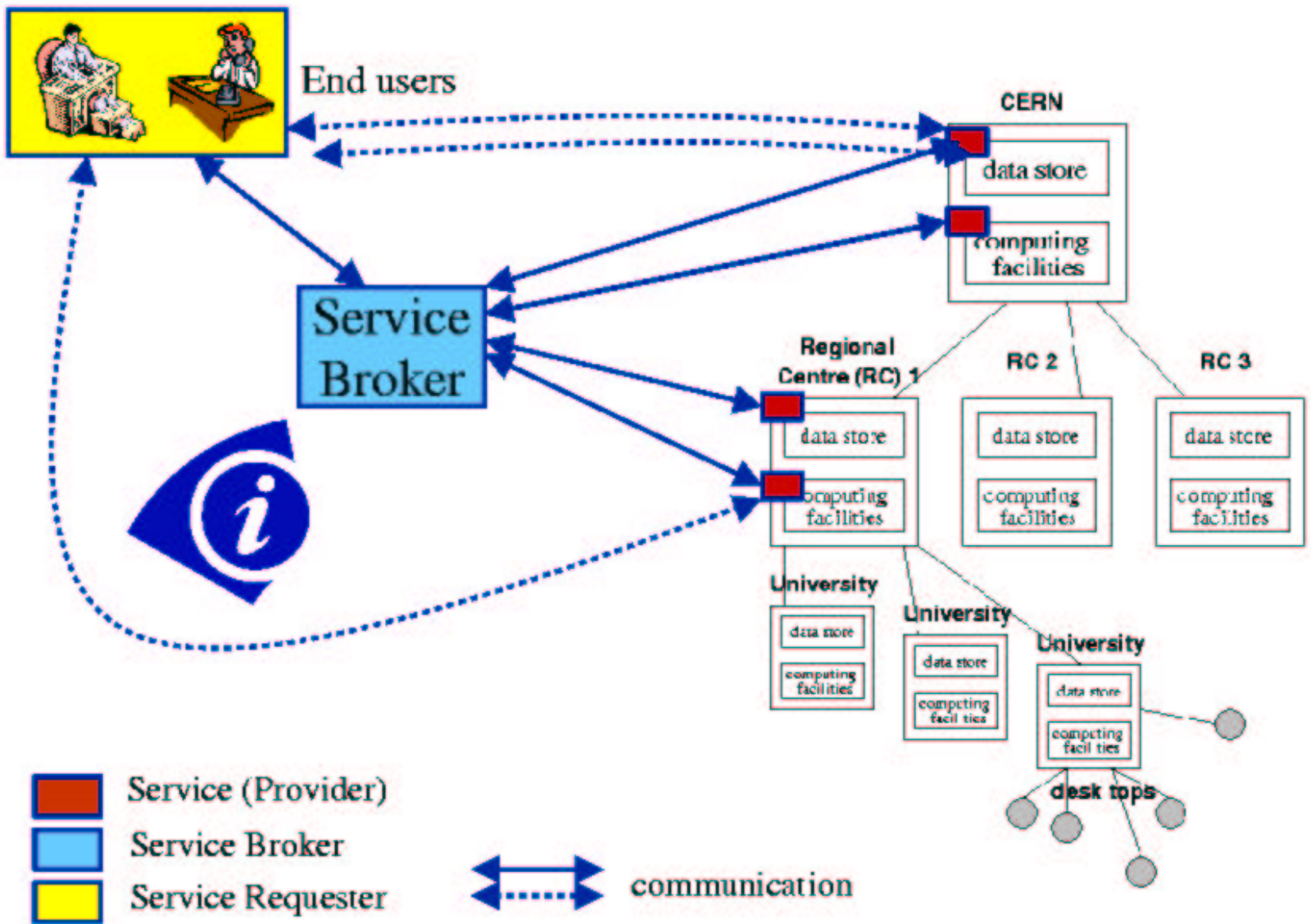
simulation

interactive physics analysis

tes.robertson@cern.ch

⇒ Se necesitan \approx **30000 PC** para procesar toda la información

Grid Topology / Architecture / Services



La “Grid” en la UAM

- Actualmente en fase de I+D:
≈50 computadoras y ≈10 servidores
- Objetivo para 2007 (comienzo del LHC):
nodo ≈300 computadoras



La física con **ATLAS** en el **LHC** ($p\bar{p}$ a $\sqrt{s} \approx 14000$ GeV)

\Rightarrow El **Calorímetro Electromagnético** de **ATLAS**

ATLAS/LHC herramienta extraordinaria para el conocimiento

- Estudio de las interacciones fuertes
- Propiedades del quark t
- Estudio de la matriz **CKM**
- Física más allá del ME

.... y

el estudio del **origen** de la **masa**. Para el **Higgs** (H) del ME el detector ha de ser capaz de reconstruir:

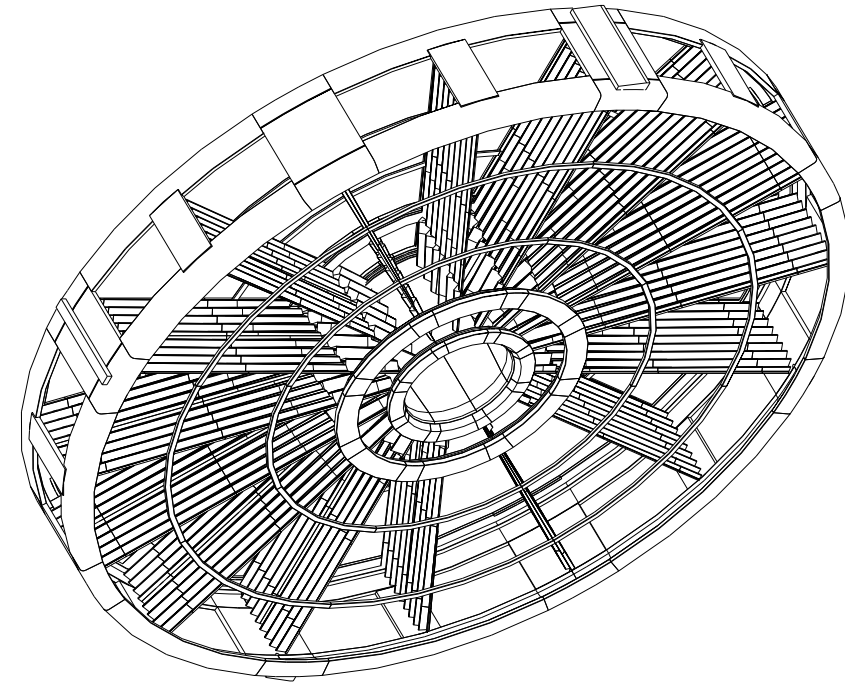
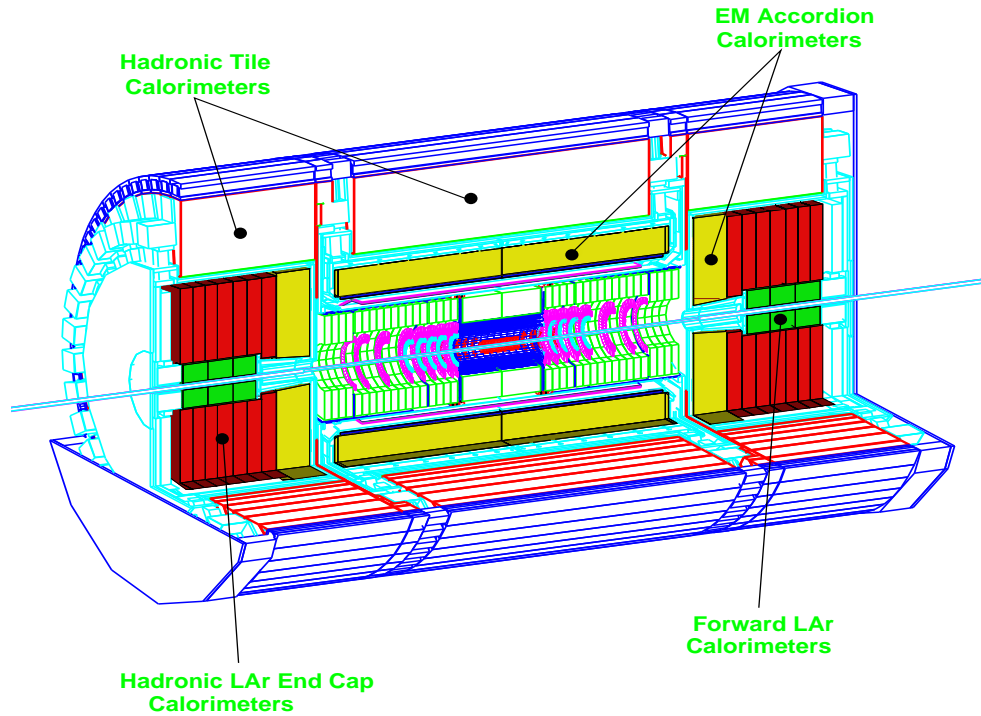
- 1) $H \rightarrow \gamma\gamma$; $m_H < 150$ GeV
- 2) $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4l$; 130 GeV $< m_H < 2 m_Z$
- 3) $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$ or $2l + 2\nu$; $m_H > 2 m_Z$
- 4) $H \rightarrow WW, ZZ \rightarrow l + \nu + 2jets$ jets or $2l + 2jets$; $m_H < 1$ TeV

\rightarrow Se requiere una medida excepcional de γ 's y e^\pm 's a lo largo del mayor ángulo sólido posible.

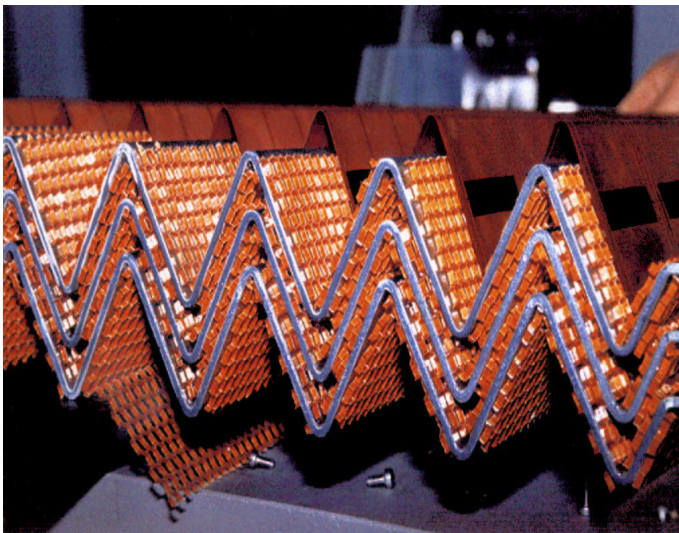
\Rightarrow Un calorímetro **EM** de muestreo con **Argon Líquido** como material ionizable y una geometría **acordeón** con una **uniformidad** geométrica y eléctrica **extrema**

El Calorímetro Electromagnético de ATLAS

Nuestra responsabilidad:
los 2 “EndCaps”



Geometría Acordeón:
nulo volumen inactivo



Unidad de Muestreo (UM):

• • •

Absorbente (plomo)

Espaciador (nido de abeja)

Electrodo de lectura

Espaciador

Absorbente

• • •

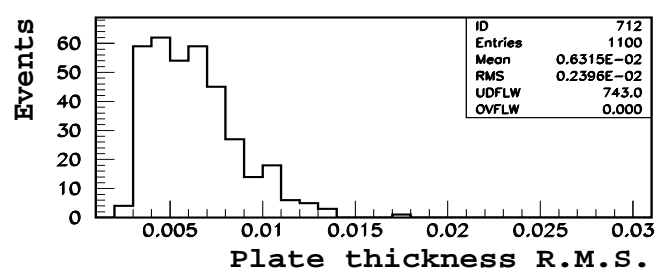
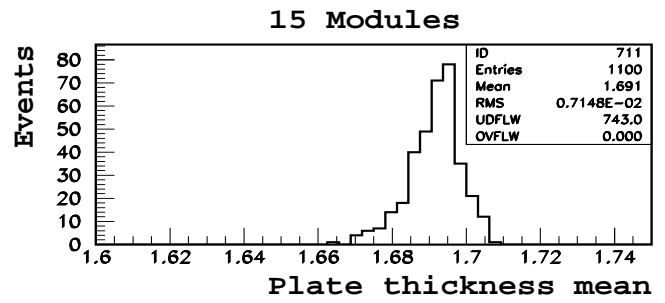
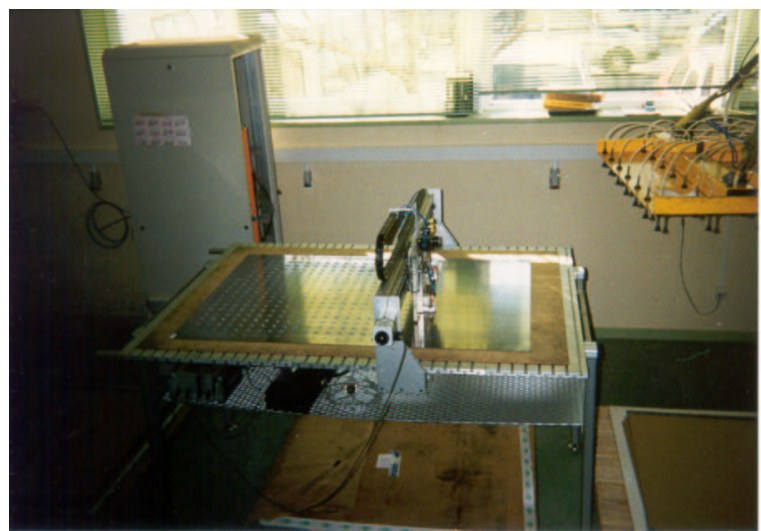
Absorbentes: clave para $\sigma(E)/E$

- **plomo** protegido y rigidizado por **acero**
- Para poder medir E al 1% ...
 - ⇒ espesor plomo uniforme **$17\mu m$** RMS
 - ⇒ geometría absorbentes reproducibile en **$\approx 150\mu m$** RMS



Planchas de *plomo* laminadas en fundición \approx estándar midiendo y corrigiendo su espesor en tiempo real con dispositivo de rayos X

Medida con U.S. en UAM

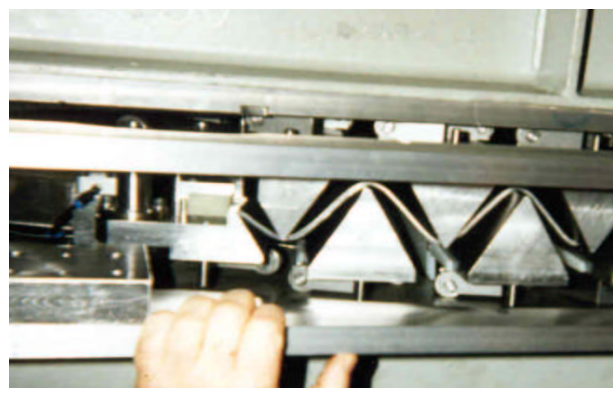
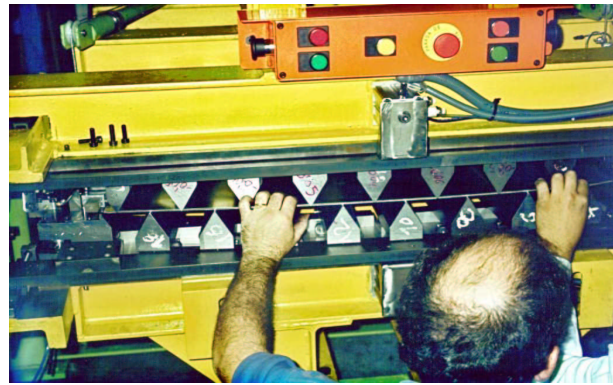
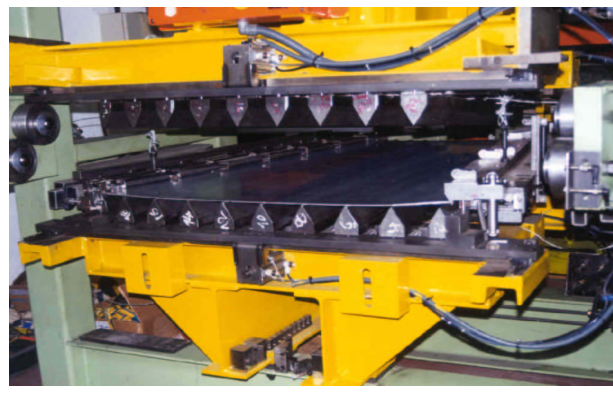


Uniformidad en espesor
 $< 9\mu m$ RMS

Absorbentes: plegado de sandwich plano

Proceso:

Dos prensas fabricadas:



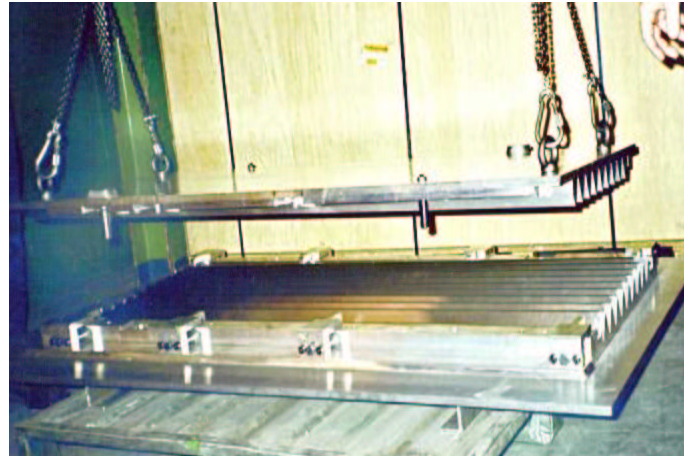
Tolerancias mecánicas de 150 μm a lo largo de distancias de 2 metros

El plomo mantiene inalterado su espesor \leftarrow (salvo en doblez)

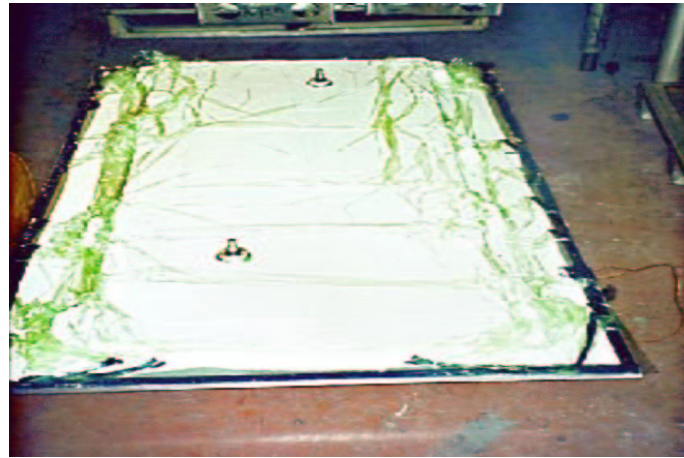
Absorbentes: moldeado y curado

Proceso:

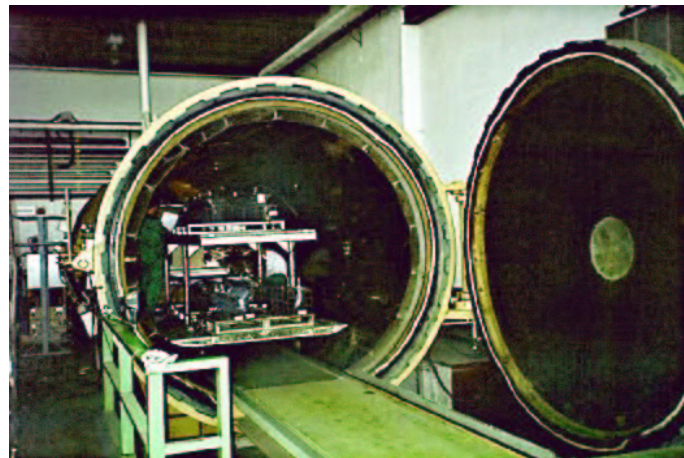
Molde precisión



Bolsa vacío



**Autoclave:
ciclo P-T (8 h.)**



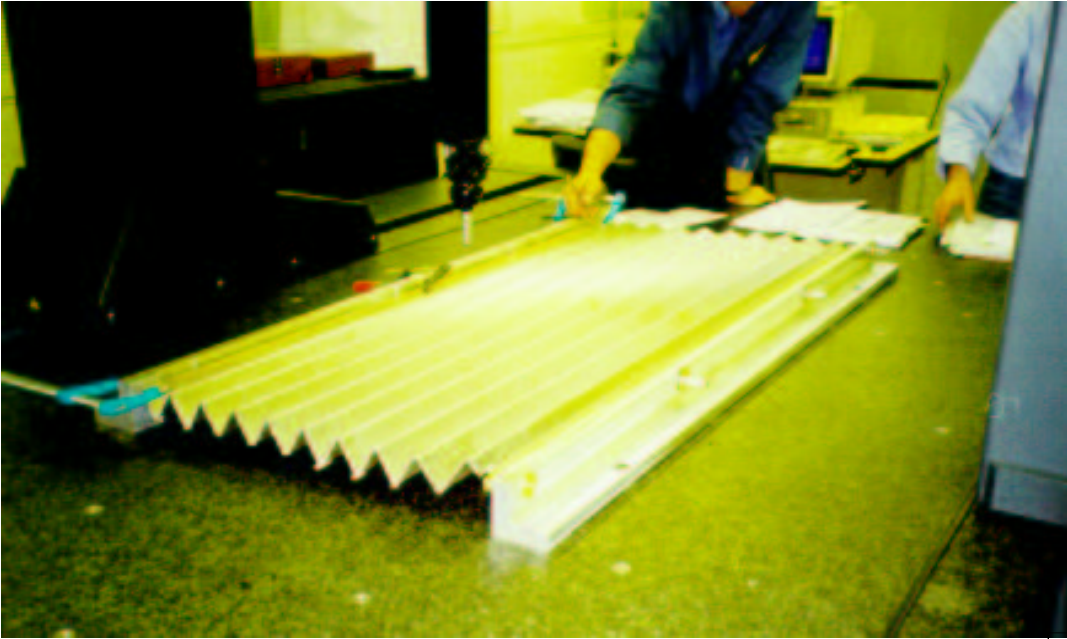
**Economía y Logística:
Ciclos de 10 Absorbentes
Exteriores y 4 Interiores**

⇒ 10 moldes *AE* y 4 *AI*
⇒ **Reproducibilidad** moldes
es **fundamental**



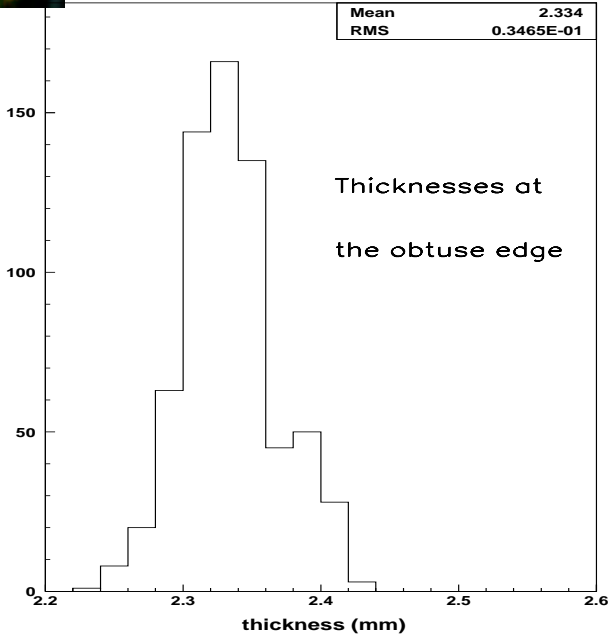
**Dispersiones obtenidas:
≈ 25% de tolerancia piezas
(~ 40μm)**

Absorbentes: control



Medida completa 3D

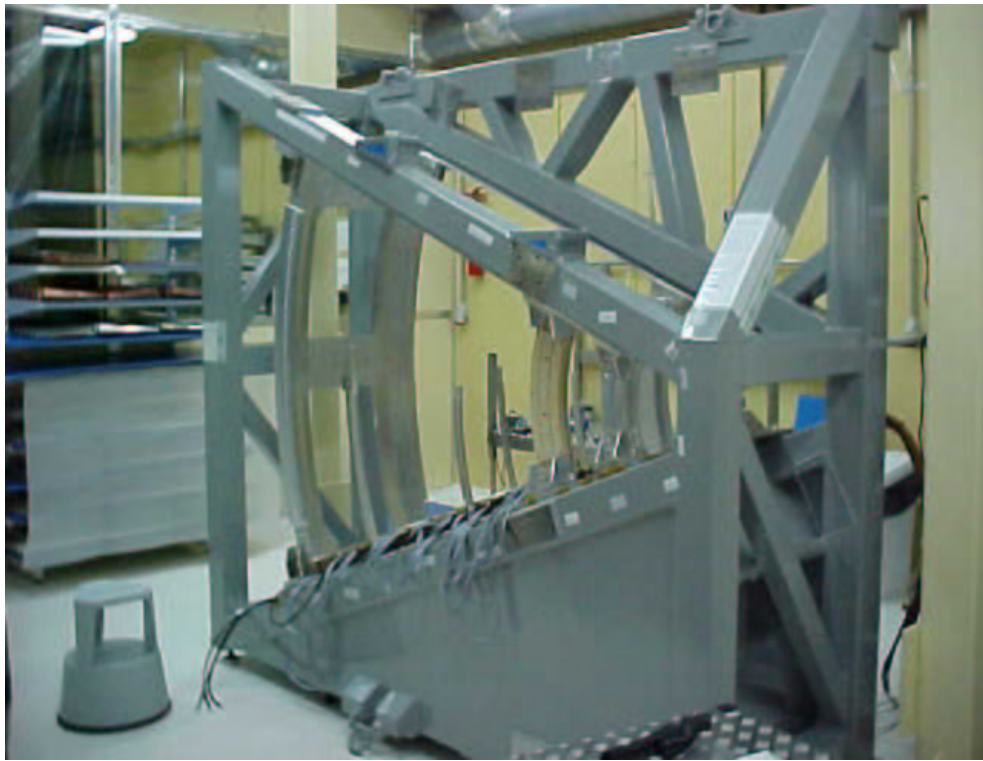
Por ejemplo, espesores en bordes:



Espeor RMS	b. agudo	b. obtuso
obtenido:	28 μm	35 μm
tolerancias:	110 μm	36 μm

Montaje Módulos

**Sala limpia en UAM
totalmente equipada**



Nueve módulos montados
(1 EndCap + 1 mod. referencia)
816 UM rueda ext.
256 UM rueda int.

Transporte Módulos
Preparación,



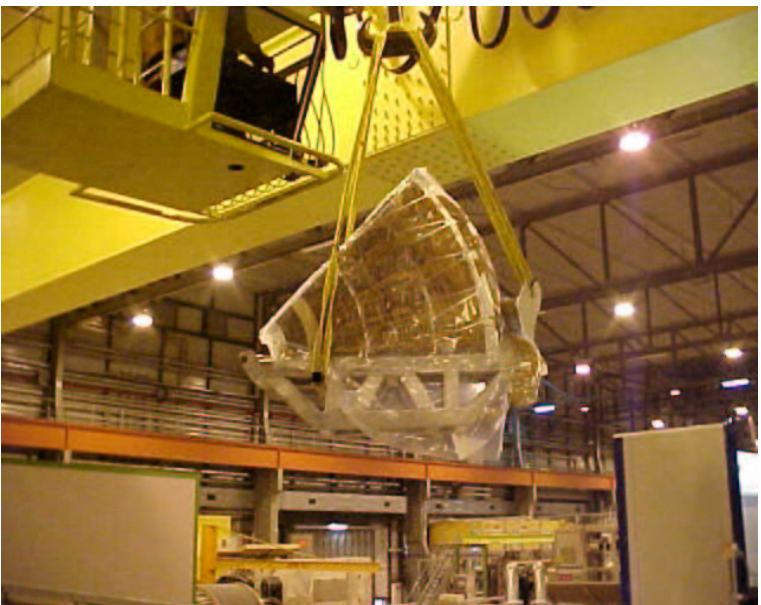
“embalaje”,



transporte,



en el CERN



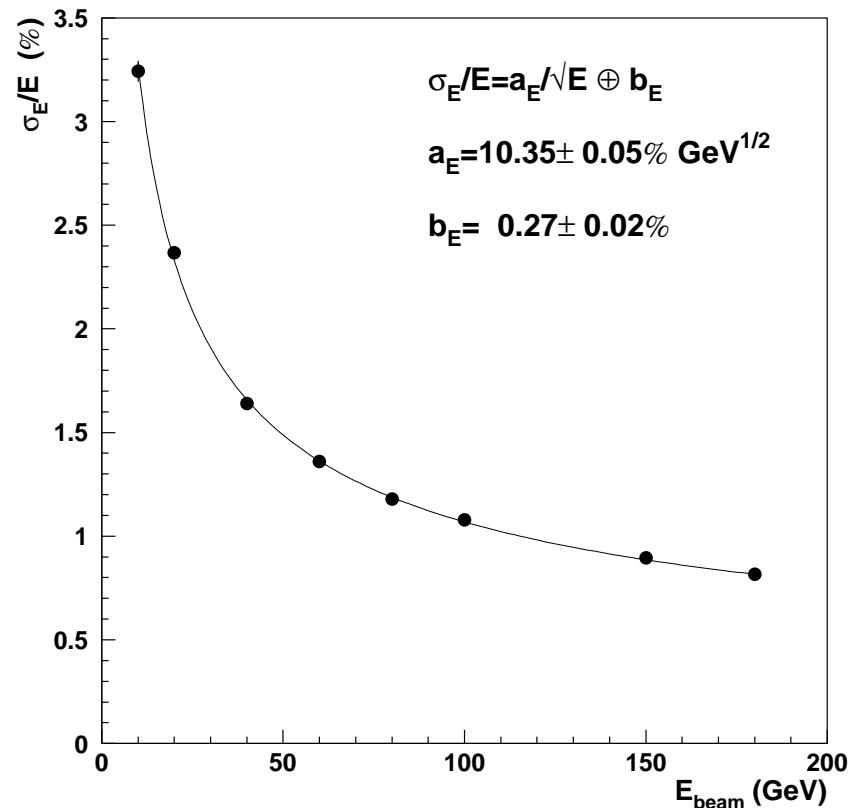
Programa de *Pruebas* en el *CERN* (criostato NA31, línea H6)

1) “en frio” (todos los módulos)

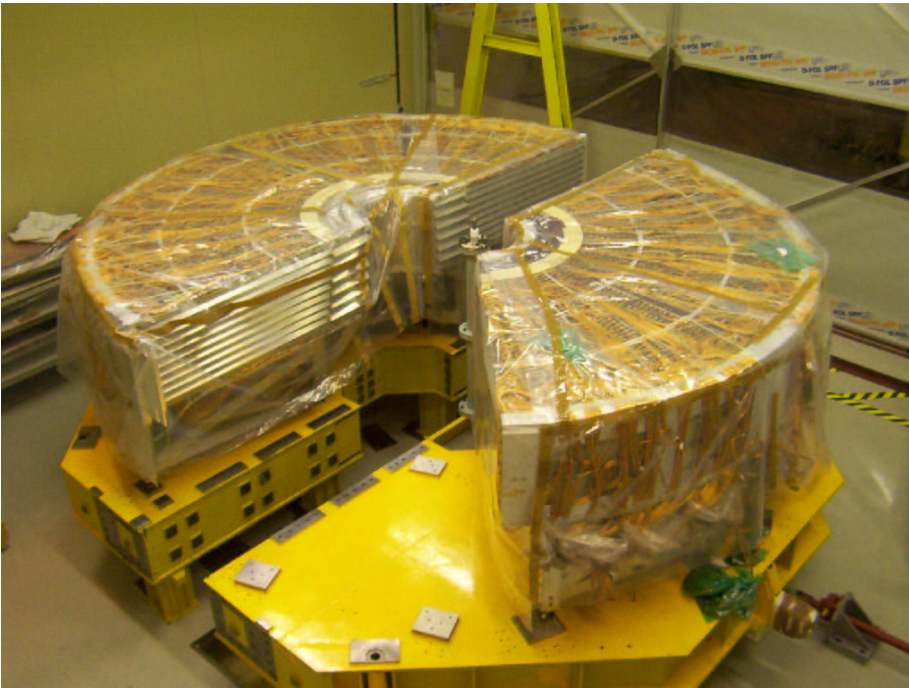
- Inyección de carga
- Calibración: cálculo de ganancias
- Comportamiento con Alto Voltaje

2) con haces de e^\pm 's de 10 a 200 Gev (3 módulos y 2 prototipos)

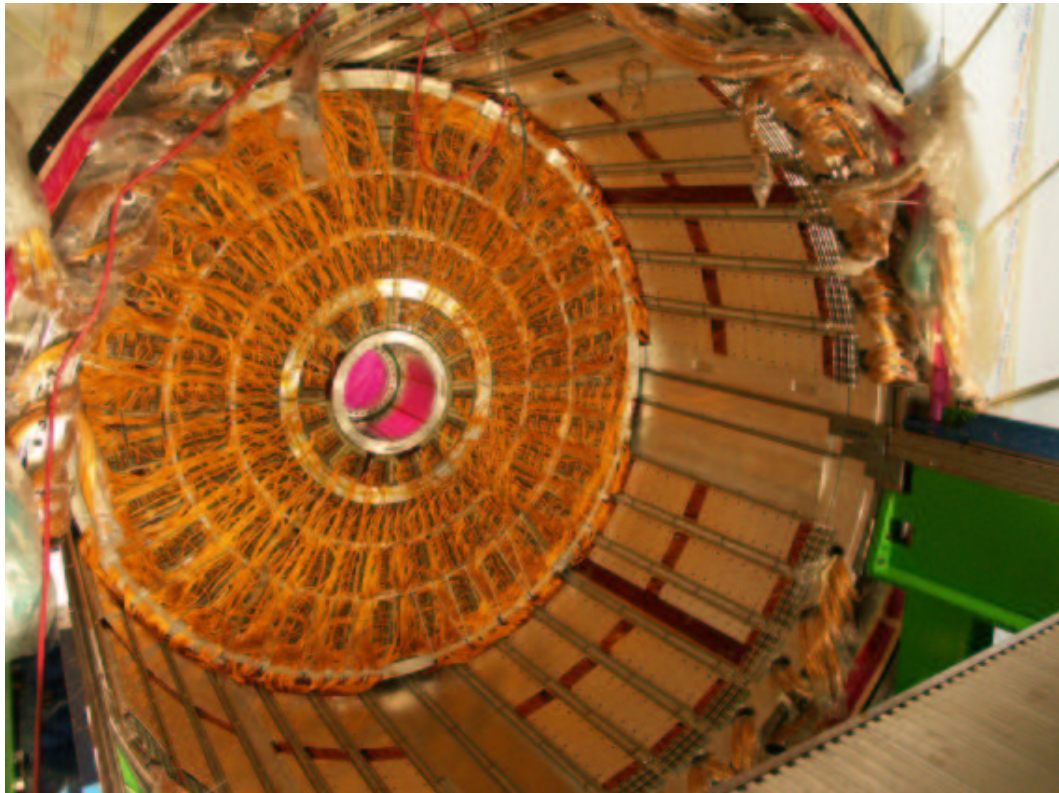
Res. en energía



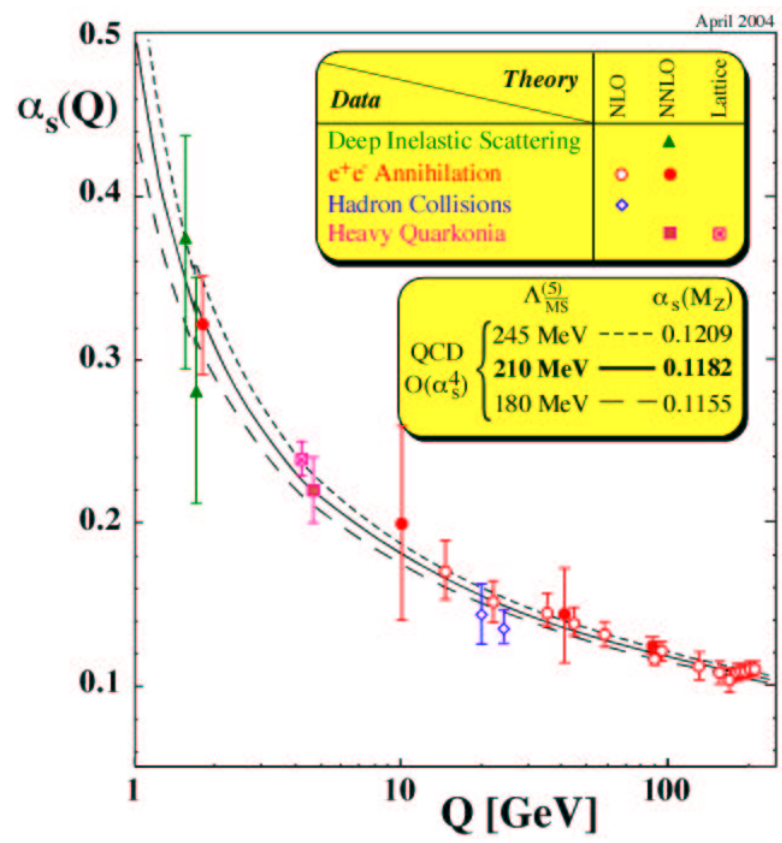
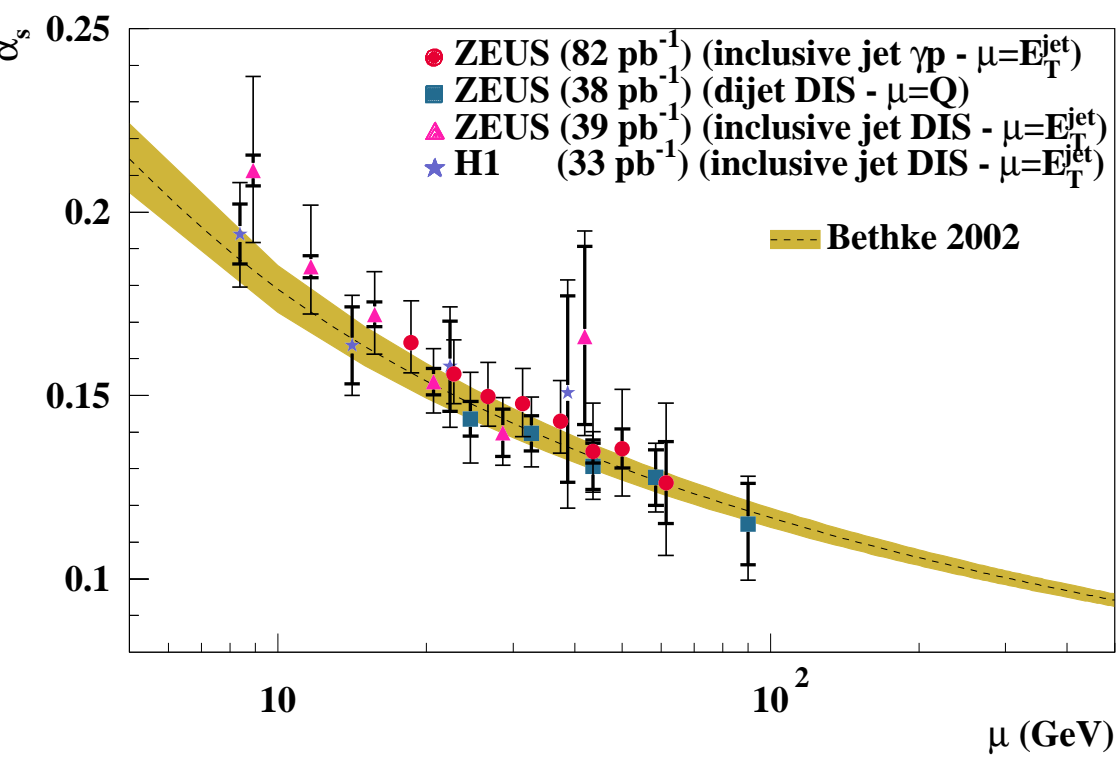
Formando el Calorímetro:



Esperando el comienzo del LHC



Medida directa de la variación de α_s con E



Medidas ZEUS realizadas por miembros del
Grupo Experimental de Altas Energías del
Dept. de Física Teórica
(Terron, Glasman, Gonzalez, Tassi ...)

A ser presentado por Wilczek en ceremonia nobel